

© Д. чл. Н. В. ЗАЯКИНА

**КРАНСВИКИТ —  
РЕДКИЙ ЧЕТЫРЕХВОДНЫЙ СУЛЬФАТ МАГНИЯ  $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  
НОВАЯ НАХОДКА В ЯКУТИИ**

*Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН,  
677980, Якутск, пр. Ленина, 39;  
e-mail: n.v.zayakina@diamond.yasn.ru*

Крансвикит — редкий четырехводный сульфат магния  $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  был обнаружен в пиритизированных осадочных породах на Мало-Тарынском золоторудном месторождении в Якутии. Третья находка в мире, вторая в Якутии. Минерал мягкий, образует корку белого чуть серого цвета на поверхности породы. Находится в ассоциации со слюдой, хлоритом, кварцем, гипсом, пентагидритом. Исследование выполнено методами рентгенофазового и электронного микрозондового анализов. Химический состав минерала  $\text{MgO}$  — 20.12,  $\text{SO}_3$  — 43.50,  $\text{H}_2\text{O}$  — 36.37 мас. %. Эмпирическая кристаллохимическая формула минерала  $\text{Mg}_{0.99}(\text{SO}_4)_{1.08} \cdot 4.02\text{H}_2\text{O}$ . Минерал гипергенный, образуется, вероятно, при окислении пирита сульфидизированных пород. Достаточно устойчив при хранении в лабораторных условиях. Приведены фото и рентгенограмма образца.

*Ключевые слова:* крансвикит,  $\beta$ -старкеит, сульфаты магния, рентгенофазовый, электронно-зондовый анализы, Якутия.

*N. V. ZAYAKINA. CRANSWICKITE —  
A RARE TETRAHYDRATE SULFATE OF MAGNESIUM  $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  
THE NEW FIND IN YAKUTIA*

*Diamond and Precious Metal Geology Institute,  
Siberian Branch RAS, Yakutsk, Russia*

Cranswickite — a rare tetrahydrate magnesium sulfate,  $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , has been discovered in the Malo-Tarynskoe gold ore deposit in Yakutia. It is its third find in the world, the second in Yakutia. The mineral is soft, it forms a crust of white and slightly grayish color on the rock surface. It associates with mica, chlorite, quartz, gypsum and pentahydrate. Its study has been carried out by X-ray phase and electron microprobe analyses. Its chemical composition is  $\text{MgO}$  — 20.12,  $\text{SO}_3$  — 43.50,  $\text{H}_2\text{O}$  — 36.37 wt %. The empirical crystal chemical formula of the mineral is  $\text{Mg}_{0.99}(\text{SO}_4)_{1.08} \cdot 4.02\text{H}_2\text{O}$ . The mineral is hypergenic, it is formed probably due to oxidation of pyrite in sulfidized rocks. It is sufficiently stable while stored in laboratory conditions. The photograph and X-ray diffraction pattern of the sample are given in the paper.

*Key words:* cranswickite,  $\beta$ -starkeyite, magnesium sulfates, X-ray phase, electron probe analyses, Yakutia.

Якутия в силу своих климатических особенностей — близкого к аридно-му климата, является почти идеальным местом для находок весьма нестойких минералов класса сульфатов, а точнее, водных сульфатов или сульфат-фосфат-арсенатов Al, Mg, Fe. Аналоги некоторых известны только в зонах пустынь. В разные годы на территории Якутии были обнаружены следующие достаточно редкие минералы: санхуанит  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)(\text{OH}) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (Лазебник и др., 1998), мангазеит  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (Гамянин и др., 2006), арангасит  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)\text{F} \cdot 7.5\text{H}_2\text{O}$  (Гамянин и др., 2013), амарантит  $\text{Fe}_3(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , мета-алюминит  $\text{Al}_2\text{SO}_4(\text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , мета-алуноген  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ , тамаругит  $\text{NaAl}(\text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , пиккерингит  $\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ , неизвестный водный

сульфат Fe, состав которого аналогичен составу бутлерита и парабутлерита  $\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Кудрин и др., 2018).

Ранее автором совместно с К. А. Лазебник при просмотре минералогических коллекций геологического музея Якутского государственного университета (ныне Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова) был установлен и описан четырехводный сульфат магния, по химическому составу отвечающий старкеиту. С целью более подробной характеристики образца для него была получена дифрактограмма, которая, как оказалось, существенно отличалась от рентгенограммы собственно старкеита, что и послужило поводом для детального изучения минерала. В результате проведенных исследований было установлено, что обнаруженный минерал является не стандартным старкеитом, а его полиморфной модификацией —  $\beta$ -старкеитом (Заякина, Лазебник, 1999). Исследуемый образец был найден в Западной Якутии. Заявка на утверждение его как нового минерала не подавалась, поскольку место точной находки образца не было известно.

Позднее Р. Петерсоном минерал был найден в Калингасте, Аргентина, при изучении небольших выработок по добыче сульфатов магния и утвержден как новый минерал крансвикит (Peterson, 2011). Насколько нам известно, новых находок этого сульфата не описано. Описываемая в данной статье находка — вторая в Якутии и третья в мире.

Нами крансвикит обнаружен в образце керна из скважины 343 (проба 343-06-175) золоторудного месторождения Малый Тарын (образец любезно предоставлен Л. И. Полуфунтиковой). Мало-Тарынское месторождение расположено на северо-востоке Якутии в Оймяконском районе, в 50 км южнее п. Усть-Нера, относится к Яно-Колымской металлогенетической провинции.

При исследовании процессов гипергенеза на Мало-Тарынском золоторудном месторождении проводились плановые работы по определению минерального состава пород методом рентгенофазового анализа. Породы месторождения — это пиритизированные песчаники и алевролиты (Полуфунтикова, Фридовский, 2016). Для одной из скважин изучено 12 образцов, взятых с различной глубины. Минеральный состав пород — смесь кварца, слюды, полевого шпата, небольшого количества гипса и смектита, реже встречается хлорит, в некоторых пробах фиксируются гётит и пирит. На поверхности обр. 343-06-175 наблюдался светлый налет или корка до 1—2 мм толщиной (рис. 1). Этот материал был отобран для дальнейшего изучения. Исследуемый образец

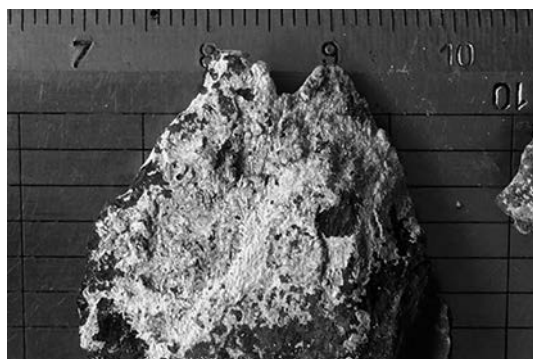


Рис. 1. Образец породы с коркой сульфата.

Fig. 1. Sample of rock with the sulfate crust.

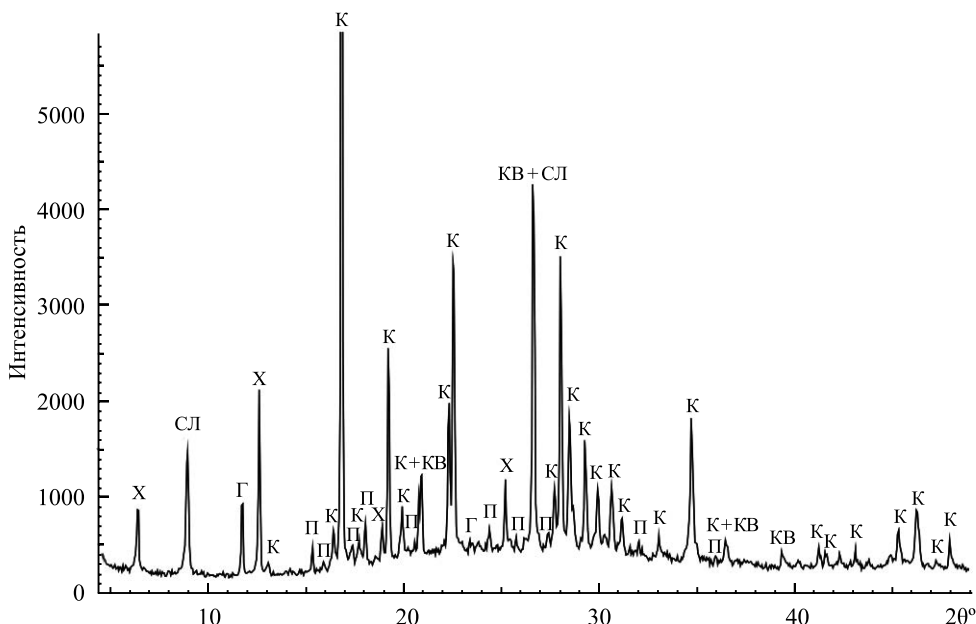


Рис. 2. Фрагмент рентгенограммы. Съемка выполнена на дифрактометре D2 PHASER, Cu-излучение, 30 кВ, 10 ма, интервал съемки 4.5—65° (2θ°), шаг 0.03° (2θ°), время набора 2 с. Обозначения: К — крансвикит, X — хлорит, СЛ — слюда, Г — гипс, П — пентагидрит, KB — кварц.

Fig. 2. A fragment of the cranswickite's X-ray pattern. D2 PHASER, CuK $\alpha$ , 30 kv, 10 ma, interval 4.5—65° (2θ°), step 0.03° (2θ°), 2 sec. Symbols: K — cranswickite, X — chlorite, СЛ — mica, Г — gypsum, П — pentahydrate, KB — quartz.

представлял собой белую, мягкую, мелоподобную массу, при растирании приобретающую серый оттенок.

Рентгенограмма, полученная для порошкового препарата и представленная на рис. 2, показала, что мы имеем дело со смесью минералов: основной минерал — крансвикит; присутствует кварц, слюда, хлорит, гипс; наличие небольшого количества пентагидрита.

Для уточнения диагностики частицы корки были исследованы на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480LV с энергетическим дисперсионным спектрометром Energy 350 Oxford (20 кВ, 1 нА, диаметр пучка 1 мкм) (аналитик С. К. Попова). Обломки минерала были наклеены на токопроводящую ленту с адгезивным слоем, выполнено напыление образцов углеродом. Следует отметить, что минерал очень мягкий, приготовить полированный образец с хорошей поверхностью невозможно, что объясняет разброс в полученных значениях окислов. Вода определялась по разнице суммы окислов до 100 %, поскольку отобрать чистый образец для ДТА исследования, чтобы определить количество воды, не удалось.

Результаты анализа приведены в таблице. В спектрах ЭДС других элементов, кроме Mg, S, O и в некоторых случаях небольшой примеси Si, не зафиксировано. Эмпирическая кристаллохимическая формула минерала, рассчитанная на 8 атомов кислорода по среднему из трех, не содержащих SiO<sub>2</sub>, анализам, следующая Mg<sub>0.99</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>1.08</sub>·4.02H<sub>2</sub>O. Формула, рассчитанная для анализа 4 без учета SiO<sub>2</sub>, соответствует Mg<sub>0.99</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>1.03</sub>·4.04H<sub>2</sub>O. Кварц — явная примесь, захваченная при отборе минерала, что подтверждается рентгенографически.

# Химические анализы крансвикита

## Chemical analyzes of cranswickite

| Компонент,<br>мас. % | Номер анализа |       |       |                           |       |
|----------------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-------|
|                      | 1             | 2     | 3     | среднее из<br>ан. 1, 2, 3 | 4     |
| MgO                  | 18.27         | 19.55 | 22.55 | 20.12                     | 20.07 |
| SO <sub>3</sub>      | 43.85         | 42.86 | 43.80 | 43.50                     | 41.61 |
| SiO <sub>2</sub>     | —             | —     | —     | —                         | 1.61  |
| H <sub>2</sub> O     | 37.88         | 37.58 | 33.65 | 36.37                     | 36.70 |
| Сумма                | 100           | 100   | 100   | 100                       | 100   |

Крансвикит зафиксирован в нескольких анализах. Состав его, приведенный в таблице, близок к составу крансвикита: MgO — 20.28, SO<sub>3</sub> — 41.59, H<sub>2</sub>O — 37.9 мас. %, приводимому в работе Р. Петерсона (Peterson, 2011), и к среднему значению для двух анализов β-старкеита: MgO — 20.71, SO<sub>3</sub> — 42.06, H<sub>2</sub>O — 37.0 мас. % (Заякина, Лазебник, 1999).

Известно, что сохранность водных сульфатов очень сильно зависит от внешних условий — местонахождения минерала и условий хранения. Крансвикит Р. Петерсоном обнаружен в виде жил в метасадочных породах, содержащих гипс, кварц и иллит. Там же были обнаружены другие сульфаты: гексагидрит MgSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O в виде жил, старкеит MgSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O как налет поверх гексагидрита, сандерит MgSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O и кизерит MgSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O в обломках породы. Температура воздуха при отборе образцов была ~38 °С, а относительная влажность 4 %. «Порошок крансвикита, оставленный при относительной влажности приблизительно 35 % при 298 К в лаборатории, гидратировал до гексагидрита в течение двух дней» (Peterson, 2011, с. 870). Исследуемый нами образец крансвикита обнаружен в пробе керна, взятой с глубины 175 м из зоны дробления, образцы хранились в лаборатории в течение года. Проверка стабильности минерала проводилась в течение месяца: на вновь полученных рентгенограммах нет изменений. Ранее нами для таких сульфатов, как арангасит и β-старкеит, было установлено, что процессы гидратации и дегидратации активно происходят при извлечении и растирании минерала, тогда как в самом образце сохранность минерала хорошая (Заякина, Лазебник, 1999; Гамянин и др., 2013). Повторные рентгеновские съемки хранящихся в лаборатории образцов (в наших условиях относительная влажность воздуха в помещении чаще <30 %) показывали, что в течение года растертые препараты постепенно меняли свою структуру: в частности, четырехводный сульфат магния крансвикит превращался в старкеит, т. е. происходила трансформация метастабильного крансвикита до более устойчивого старкеита с тем же количеством воды (Заякина, Лазебник, 1999), гидратация до гексагидрита нами не наблюдалась.

Крансвикит, найденный в Якутии, имеет гипергенное происхождение, образуется, вероятно, при окислении пирита сульфидизированных пород. Подтверждением этому служат находки гётита, других водных сульфатов и гипса в окружающих породах.

Автор благодарит Т. И. Васильеву за помощь в работе и О. В. Королеву за проявленный к работе интерес и ценные замечания.

## Список литературы

- Гамянин Г. Н., Жданов Ю. Я., Заякина Н. В., Гамянина В. В., Сукнев В. С. Мангазеит —  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  — новый минерал // ЗРМО. **2006**. Т. 135. № 4, С. 20—24.
- Гамянин Г. Н., Заякина Н. В., Галенчикова Л. Т. Арангасит  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)\text{F} \cdot 7.5\text{H}_2\text{O}$  — новый минерал из месторождения Аляскитового (Восточная Якутия, Россия) // ЗРМО. **2013**. Т. 142. № 5. С. 21—30.
- Заякина Н. В., Лазебник К. А. Четырехводный сульфат магния из Западной Якутии // ЗВМО. **1999**. Т. 128. № 5. С. 99—101.
- Лазебник К. А., Заякина Н. В., Суплецов В. М. Первая находка в России редкого минерала — санжуанита // Докл. РАН. **1998**. Т. 362. № 2. С. 233—235.
- Полуфунтикова Л. И., Фридовский В. Ю. Литологические особенности, реконструкции редокс-обстановок и состав источников сноса отложений верхнего триаса Кулар-Нерского сланцевого пояса // Тихоокеанская геология. **2016**. Т. 35. № 3. С. 75—87.
- Кудрин М. В., Заякина Н. В., Васильева Т. И. Минералы зоны окисления золоторудного месторождения Хангалас (Восточная Якутия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Якутск: Издательский дом СВФУ, **2018**. С. 77—80.

## References

- Gamyanin G. N., Zhdanov Yu. Ya., Zayakina N. V., Gamyanina V. V., Suknev V. S. Mangazeite,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  — a new mineral. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2006**. Vol. 135. N 4. P. 20—24 (in Russian).
- Gamyanin G. N., Zayakina N. V., Galenchikova L. T. Arangasite,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)\text{F} \cdot 7.5\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral from Alaskitovoye deposit (Eastern Yakutia, Russia). *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2013**. Vol. 142. N 5. P. 21—30 (in Russian, English translation: *Geol. Ore Deposits*. **2014**. Vol. 56. P. 560—566).
- Jambor J. L., Grew E. S., Roberts A. C. New mineral names. *Amer. Miner.* **2000**. Vol. 85. P. 1561—1565.
- Kudrin M. V., Zayakina N. V., Vasileva T. I. Minerals of the oxidation zone of the gold deposit Khangalas (Eastern Yakutia). In: *Geology and Mineral Resources of the Northeast of Russia*. Yakutsk: Publishing House SVFU, **2018**. P. 77—80 (in Russian).
- Lazebnik K. A., Zayakina N. V., Supletsov V. M. The first find of the rare mineral sanjuanite in Russia. *Doklady Earth Sci.* **1998**. Vol. 362. P. 233—235 (in Russian).
- Polufuntikova L. I., Fridovsky V. Yu. Lithological features, reconstructions of redox setting and composition of provenances of the Upper Triassic deposits of the Kular-Nera shale belt. *Russian J. Pacific Geol.* **2016**. Vol. 35. N 3. P. 75—87 (in Russian).
- Peterson R. C. Cranswickite  $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral from Calingasta, Argentina. *Amer. Miner.* **2011**. Vol. 96. P. 869—877.
- Zayakina N. V., Lazebnik K. A. Tetrahydrate magnesium sulfate from Western Yakutia. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1999**. Vol. 128. N 5. P. 99—101 (in Russian).

Поступила в редакцию  
16 июля 2018 г.

© D. ch. N. V. ZAYAKINA

**KRANSWICKIT -  
RARE FOUR-WATER MAGNESIUM SULPHATE  $\text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$   
NEW FIND IN YAKUTIA***Institute of Geology of Diamond and Precious Metals, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
677980, Yakutsk, Lenin Ave., 39, e-  
mail: nvzayakina@diamond.ysn.ru*

Cranswickite is a rare magnesium sulfate tetrahydrous  $\text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  was found in pyritized sedimentary rocks at the Malo-Taryn gold deposit in Yakutia. The third find in the world, the second in Yakutia. The mineral is soft, forms a crust of white slightly gray color on the surface of the rock. It is found in association with mica, chlorite, quartz, gypsum, pentahydrate. The study was carried out using X-ray phase and electron microprobe analysis methods. The chemical composition of the mineral  $\text{MgO} - 20.12$ ,  $\text{SO}_3 - 43.50$   $\text{H}_2\text{O} - 36.37$  wt. %. Empirical crystal chemical formula of the mineral  $\text{Mg}_{0.99}(\text{SO}_4)_{1.08} \cdot 4.02\text{H}_2\text{O}$ . The mineral is supergene, probably formed during the oxidation of pyrite of sulfidized rocks. Sufficiently stable when stored in laboratory conditions. A photo and X-ray diffraction pattern of the sample are given.

**Keywords** Key words: cransvikite,  $\beta$ -starkeite, magnesium sulfates, X-ray phase, electron probe analysis, Yakutia.

**N. V. ZAYAKINA. KRANSWICKITE-  
A RARE TETRAHYDRATE SULFATE OF MAGNESIUM  $\text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$   
THE NEW FIND IN YAKUTIA***Diamond and Precious Metal Geology Institute,  
Siberian Branch RAS, Yakutsk, Russia*

Cranswickite - a rare tetrahydrate magnesium sulfate,  $\text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ , has been discovered in the Malo-Tarynskoe gold ore deposit in Yakutia. It is its third find in the world, the second in Yakutia. The mineral is soft, it forms a crust of white and slightly grayish color on the rock surface. It associates with mica, chlorite, quartz, gypsum and pentahydrate. Its study has been carried out by X-ray phase and electron microprobe analyses. Its chemical composition is  $\text{MgO} - 20.12$ ,  $\text{SO}_3 - 43.50$   $\text{H}_2\text{O} - 36.37$  wt%. The empirical crystal chemical formula of the mineral is  $\text{Mg}_{0.99}(\text{SO}_4)_{1.08} \cdot 4.02\text{H}_2\text{O}$ . The mineral is hypergenic, it is formed probably due to oxidation of pyrite in sulfidized rocks. It is sufficiently stable while stored in laboratory conditions. The photograph and X-ray diffraction pattern of the sample are given in the paper.

**key words:** cranswickite,  $\beta$ -starkeyite, magnesium sulfates, X-ray phase, electron probe analyses, Yakutia.

Yakutia, due to its climatic features, close to arid climate, is an almost ideal place for finding very unstable minerals of the sulfate class, or rather, aqueous sulfates or sulfate-phosphate-arsenates of Al, Mg, Fe. Analogues of some are known only in desert zones. In different years, the following fairly rare minerals were discovered on the territory of Yakutia: sanjuanite  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)(\text{OH}) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (Lazebnik et al., 1998), mangazeite  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (Gamyranin et al., 2006), arangasite  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)\text{F} \cdot 7.5\text{H}_2\text{O}$  (Gamyranin et al., 2013), amaranthite  $\text{Fe}_3(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , meta-aluminite  $\text{Al}_2\text{SO}_4(\text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , meta-alunogen  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ , tamarugite  $\text{NaAl}(\text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , pickeringite  $\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ , unknown water

Fe sulfate, the composition of which is similar to that of butlerite and parabutlerite  $\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Kudrin et al., 2018).

Previously, the author, together with K.A. Lazebnik, when viewing the mineralogical collections of the Geological Museum of the Yakutsk State University (now the North-Eastern Federal University named after M.K. Muromtsev) found a composition corresponding to starkeite. In order to characterize the sample in more detail, a diffractogram was obtained for it, which, as it turned out, differed significantly from the X-ray diffraction pattern of starkeite itself, which was the reason for a detailed study of the mineral. As a result of the studies, it was found that the discovered mineral is not a standard starkeite, but its polymorphic modification,  $\beta$ -starkeite (Zayakina and Lazebnik, 1999). The studied sample was found in Western Yakutia. An application for approval as a new mineral was not submitted,

Later, the mineral was found by R. Peterson in Kalingasta, Argentina, while studying small workings for the extraction of magnesium sulfates and approved as a new mineral kransevikiite (Peterson, 2011). To the best of our knowledge, no new finds of this sulfate have been described. The find described in this article is the second in Yakutia and the third in the world.

We found kransevikiite in a core sample from borehole 343 (sample 343-06-175) of the Maly Taryn gold deposit (the sample was kindly provided by L. I. Polufuntikova). The Malyo-Tarynskoye deposit is located in the northeast of Yakutia in the Oymyakonsky district, 50 km south of the village of Ust-Nera, belongs to the Yano-Kolyma metallogenetic province.

When studying the processes of hypergenesis at the Malyo-Tarynskoye gold deposit, planned work was carried out to determine the mineral composition of rocks by X-ray phase analysis. The rocks of the deposit are pyritized sandstones and siltstones (Polufuntikova and Fridovsky, 2016). For one of the wells, 12 samples taken from different depths were studied. The mineral composition of the rocks is a mixture of quartz, mica, feldspar, a small amount of gypsum and smectite, chlorite is less common, goethite and pyrite are recorded in some samples. On the surface around sample 343-06-175 a light plaque or crust up to 1-2 mm thick was observed (Fig. 1). This material was displayed

received sample

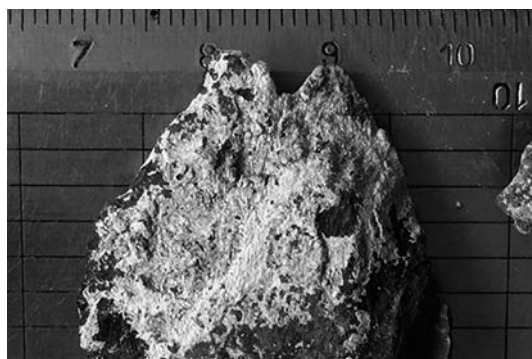
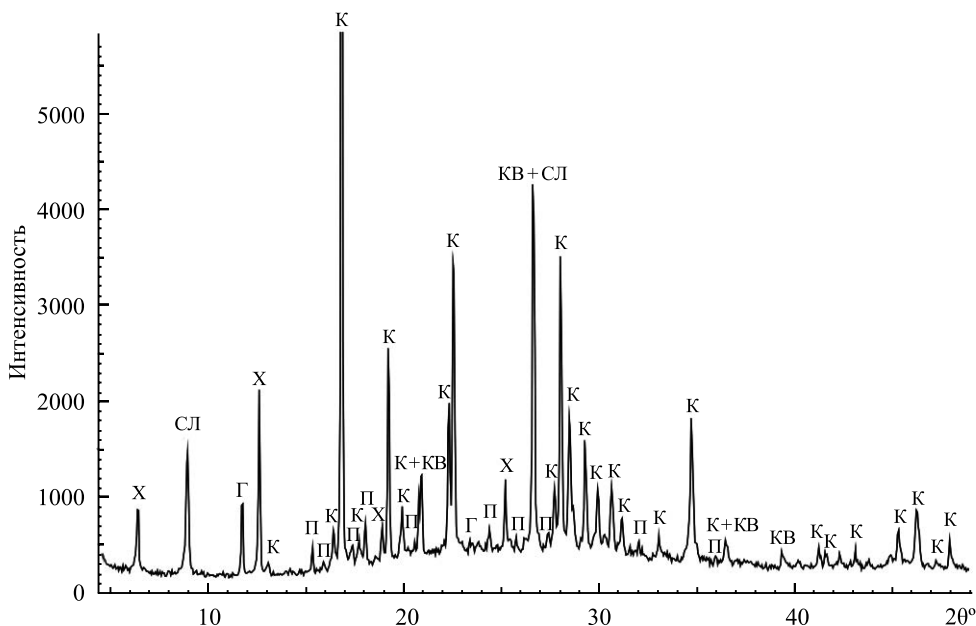


Fig. 1. Rock sample with sulfate crust.

Sample of rock with the sulfate crust.



Rice. 2. Fragment of the radiograph. Recording was performed on a D2 PHASER diffractometer, Cu-radiation, 30 kV, 10 mA, recording interval 4.5–65° (2θ°), step 0.03° (2θ°), acquisition time 2 s. Designations: K, kransvikite; X, chlorite; SL, mica; G, gypsum; P, pentahydrate; KV, quartz.

Fig. 2. A fragment of the cranswickite's X-ray pattern. D2 PHASER, CuK $\alpha$ , 30 kv, 10 ma, interval 4.5—65° (2θ°), step 0.03° (2θ°), 2 sec. Symbols: K - cranswickite, X - chlorite, SL - mica, G - gypsum, P - pentahydrate, KV - quartz.

It was a white, soft, chalk-like mass, acquiring a gray tint when rubbed.

The X-ray pattern obtained for the powder preparation and presented in fig. 2 showed that we are dealing with a mixture of minerals: the main mineral is kransvikite; quartz, mica, chlorite, gypsum are present; the presence of a small amount of pentahydrate.

To clarify the diagnostics, crust particles were examined on a JEOL JSM-6480LV scanning electron microscope with an Energy 350 Oxford energy dispersive spectrometer (20 kV, 1 nA, beam diameter 1 μm) (analyst S.K. Popova). Mineral fragments were glued onto a conductive tape with an adhesive layer, and the samples were sputtered with carbon. It should be noted that the mineral is very soft; it is impossible to prepare a polished sample with a good surface, which explains the scatter in the obtained oxide values. Water was determined by the difference in the amount of oxides up to 100%, since it was not possible to select a clean sample for DTA research to determine the amount of water.

The results of the analysis are shown in the table. In the EMF spectra of other elements, except for Mg, S, O and, in some cases, a small admixture of Si, is not recorded. Empirical crystal chemical formula of the mineral, calculated for 8 oxygen atoms on the average of three, not containing SiO<sub>2</sub>, analysis, next Mg<sub>0.99</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>1.08</sub>·4.02H<sub>2</sub>O. Formula calculated for analysis 4 excluding SiO<sub>2</sub>, corresponds to Mg<sub>0.99</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>1.03</sub>·4.04H<sub>2</sub>O. Quartz is an obvious impurity captured during the selection of the mineral, which is confirmed by x-ray.

### Chemical analyzes of Cranswickite

#### Chemical analyzes of cranswickite

| Component,<br>wt. % | Analysis number |       |       |                           |       |
|---------------------|-----------------|-------|-------|---------------------------|-------|
|                     | one             | 2     | 3     | average of<br>an. 1, 2, 3 | 4     |
| MgO                 | 18.27           | 19.55 | 22.55 | 20.12                     | 20.07 |
| SO <sub>3</sub>     | 43.85           | 42.86 | 43.80 | 43.50                     | 41.61 |
| SiO <sub>2</sub>    | —               | —     | —     | —                         | 1.61  |
| H <sub>2</sub> O    | 37.88           | 37.58 | 33.65 | 36.37                     | 36.70 |
| Sum                 | 100             | 100   | 100   | 100                       | 100   |

Kranswickit is recorded in several analyses. Its composition given in the table is close to that of kransvikite: MgO 20.28, SO<sub>3</sub>— 41.59, H<sub>2</sub>O - 37.9 wt. %, given in the work of R. Peterson (Peterson, 2011), and to the average value for two analyzes of β-starkeite: MgO - 20.71, SO<sub>3</sub>— 42.06, H<sub>2</sub>O - 37.0 wt. % (Zayakina, Lazebnik, 1999).

It is known that the safety of aqueous sulfates is very dependent on external conditions - the location of the mineral and storage conditions. Cranswickite was discovered by R. Peterson as veins in metasedimentary rocks containing gypsum, quartz, and illite. Other sulfates were also found there: hexahydrite MgSO<sub>4</sub>· 6H<sub>2</sub>O in the form of veins, starkeite MgSO<sub>4</sub>· 4 H<sub>2</sub>O as deposit over hexahydrite, sanderite MgSO<sub>4</sub>· 2H<sub>2</sub>O and kieserite MgSO<sub>4</sub>· H<sub>2</sub>O in rock fragments. The air temperature during sampling was ~38°C, and the relative humidity was 4%. "Cranswickite powder left at approximately 35% relative humidity at 298 K in the laboratory hydrated to hexahydrite within two days" (Peterson, 2011, p. 870). The Cranswickite sample studied by us was found in a core sample taken from a depth of 175 m from the crushing zone; the samples were stored in the laboratory for a year. The stability of the mineral was checked for a month: there are no changes on the newly obtained radiographs. Previously, for such sulfates as arangasite and β-starkeite, we found that the processes of hydration and dehydration actively occur during the extraction and grinding of the mineral, while the mineral is well preserved in the sample itself (Zayakina and Lazebnik, 1999; Gamyagin and others, 2013).

Kransvikite, found in Yakutia, is of supergene origin, probably formed during the oxidation of pyrite from sulfidized rocks. This is confirmed by finds of goethite, other aqueous sulfates, and gypsum in the surrounding rocks.

The author thanks T. I. Vasil'eva for her help in the work and O. V. Koroleva for her interest in the work and valuable comments.

## Bibliography

Gamyarin G.H., Zhdanov Yu.I., Zayakina N.AT., Gamyarina V.AT., Suknev V. With. Mangazeite -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  is a new mineral // ZRMO. **2006**. T. 135. No. 4, S. 20-24.

Gamyarin G.H., Zayakina N.AT., Galenchikova L.T. Arangasite  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)\text{F} \cdot 7.5\text{H}_2\text{O}$  is a new mineral from the Alyaskitovoye deposit (Eastern Yakutia, Russia) // ZRMO. **2013**. T. 142. No. 5. S. 21-30.

Zayakina N.AT., Lazebnik K.BUT. Four-water magnesium sulfate from Western Yakutia // ZVMO. **1999**. T. 128. No. 5. S. 99-101.

Lazebnik K.BUT., Zayakina N.AT., Supletsov V.M. The first find in Russia of a rare mineral, sanjuanite, Dokl. RAN. **1998**. T. 362. No. 2. S. 233-235.

Polufutikova L.And., Fridovsky V.YU. Lithological features, reconstructions of redox environments, and composition of provenance sources for the Upper Triassic deposits of the Kular-Ner shale belt, Tikhon. **2016**. T. 35. No. 3. S. 75-87.

Kudrin M.AT., Zayakina N.AT., Vasilyeva T.And. Minerals of the oxidation zone of the Khangalas gold deposit (Eastern Yakutia) // Geology and Mineral Resources of the North-East of Russia. Yakutsk: NEFU Publishing House, **2018**. pp. 77-80.

## References

Gamyarin G.N., Zhdanov Yu.Ya., Zayakina N.V., Gamyarina V.V., Suknev V.S. Mangazeite,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  - a new mineral. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. soc.)*. **2006**. Vol. 135. N 4. P. 20-24 (in English).

Gamyarin G.N., Zayakina N.V., Galenchikova L.T. Arangasite,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{PO}_4)\text{F} \cdot 7.5\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral from Alaskitovoye deposit (Eastern Yakutia, Russia). *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. soc.)*. **2013**. Vol. 142. No. 5. P. 21-30 (in English, Russian translation: *Geol. Ore Deposits*. **2014**. Vol. 56. P. 560-566).

Jambor J.L., Grew E.S., Roberts A.C. New mineral names. *amer. Miner.* **2000**. Vol. 85. P. 1561-1565.

Kudrin M.V., Zayakina N.V., Vasileva T.I. Minerals of the oxidation zone of the gold deposit Khangalas (Eastern Yakutia). In: *Geology and Mineral Resources of the Northeast of Russia*. Yakutsk: Publishing House SVFU, **2018**. P. 77-80 (in English).

Lazebnik K.A., Zayakina N.V., Supletsov V.M. The first find of the rare mineral sanjuanite in Russia. *Doklady Earth Sci.* **1998**. Vol. 362. P. 233-235 (in English).

Polufuntikova L.I., Fridovsky V.Yu. Lithological features, reconstructions of redox setting and composition of provenances of the Upper Triassic deposits of the Kular-Nera shale belt. *Russian J. Pacific Geol.* **2016**. Vol. 35. No. 3. P. 75-87 (in English).

Peterson R. C. Cranswickite  $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral from Calingasta, Argentina. *amer. Miner.* **2011**. Vol. 96. P. 869-877.

Zayakina N.V., Lazebnik K.A. Tetrahydrate magnesium sulfate from Western Yakutia. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. soc.)*. **1999**. Vol. 128. No. 5. P. 99-101 (in English).

Received by the editor  
July 16, 2018